

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Toshio MATSUMOTO

SERIAL NO: NEW APPLICATION

FILED: HERewith

FOR: CONTROL APPARATUS

GAU:

EXAMINER:



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:


<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2000-178535	June 14, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

J1046 U.S. PTO  
09/879158  
06/13/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 6月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-178535

出 願 人

Applicant(s):

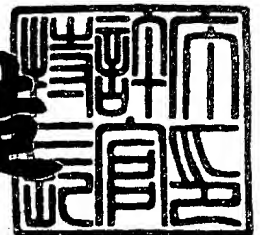
佐賀大学長

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 8月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000002873

【提出日】 平成12年 6月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05D 3/00

【発明の名称】 制御装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県宗像市自由ヶ丘3丁目2-25

【氏名】 松本 敏雄

【特許出願人】

【識別番号】 391012512

【氏名又は名称】 佐賀大学長

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9110043

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 次遅れと見なす伝達関数をもつ制御対象を制御する制御装置において、

指令値  $r$  との間で偏差  $e$  を求めるために前記制御対象の出力  $x$  を負帰還する外部ループと、

前記制御対象の出力  $x$  の微分値  $(dx/dt)$  にゲイン定数  $k_1$  を乗算してなる信号  $k_1(dx/dt)$  を前記偏差  $e$  に負帰還する第 1 の内部ループと、

前記制御対象の出力  $x$  の微分値  $(dx/dt)$  と前記偏差  $e$  の絶対値  $|e|$  または当該絶対値  $|e|$  の  $n$  ( $n$  は整数) 乗にゲイン定数  $k_2$  を乗算して得られる乗算値とを用いて、 $k_2(dx/dt) \cdot |e|$  または  $k_2(dx/dt) \cdot |e|^n$  なる信号を前記偏差  $e$  に正帰還する第 2 の内部ループとを備え、

これら第 1 および第 2 の内部ループにより帰還させた信号を用いて前記制御対象を制御することを特徴とする制御装置。

【請求項 2】 前記ゲイン定数  $k_1$ 、ゲイン定数  $k_2$  は、制御系の零を含む正となる減衰係数の中の下記式が満足する値を設定するものである請求項 1 記載の制御装置。

$$J + k_1 - k_2|r| \geq 0 \text{ または } J + k_1 - k_2|r|^n \geq 0$$

但し、 $J$  : 2 次遅れの制御対象によって決まる定数である。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の制御装置において、

前記制御対象が位置制御モデルである場合、前記指令値  $r$  に基づいて前記ゲイン定数  $k_2 = c/|r|$  または  $c/|r|^n$  に変化させる調節要素を設けたことを特徴とする制御装置。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載の制御装置において、

前記制御対象が比例ゲインを有する伝達関数を有する場合、前記外部ループにループゲインを挿入することを特徴とする制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、産業用ロボット、NC工作機械、ディスク装置のヘッドトラックシーク等の速度制御や位置制御に利用される制御装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

一般に、産業用ロボット、NC工作機械等による2点間高速位置決め制御や高速軌跡制御、さらには情報処理装置で使用されるハードディスク装置やフロッピーディスク装置のヘッドトラックシーク等では、サーボアクチュエータを用いたサーボ機構が広く利用されている。このサーボ機構は、速度制御や位置決め制御等に関し、高速応答が非常に重要な要件となる。

## 【0003】

ところで、サーボ機構を含む種々の2次遅れの伝達関数をもつ制御対象を制御する制御装置では、オーバーシュートが発生しない条件のもとに、制御装置を構成する制御系の減衰係数が1となる臨界制動のとき、整定時間が最小となることが知られている。

## 【0004】

図9は2次遅れの制御対象をもつ従来の制御装置の構成図である。

## 【0005】

この制御装置は、多重閉ループ制御系により構成され、具体的には、指令値 $r$ と制御対象1からの外部ループ2の信号である制御量または出力 $x$ との偏差を演算する偏差演算要素3と、過度的な変化に対する補償信号を出力する内部ループ4と、前記偏差演算要素3からの偏差に対して内部ループ4からの補償信号で打ち消すように処理する補償要素5とによって構成されている。

## 【0006】

この内部ループ4は、制御対象1の制御量または出力 $x$ の微分出力を取り出すラプラス演算子 $s$ をもつ演算要素6およびこの演算要素6からの微分出力を適宜なゲイン定数 $k_1$ を乗算することによりフィードバックするゲイン定数要素7からなり、制御量または出力 $x$ の過度的な変化に対する補償信号を得るものである。なお、制御対象1の伝達関数を表す $J$ は慣性モーメント、 $T$ は時定数、 $s$ はラ

プラス演算子である。

【0007】

ところで、このような制御装置は、内部ループ4を用いて、制御対象1の制御量または出力 $x$ の微分に乗算するゲイン定数 $k_1$ を適宜に設定し、フィードバックにより補償するようにすれば、過度的な変化に対しても制御対象1を適切に制御可能である。

【0008】

因みに、図11に示す制御系の応答を表す微分方程式は、

$$(d^2x/dt^2) + \{(J+k_1)/JT\} \cdot (dx/dt) + (1/JT) \cdot x = (1/JT) r \quad \dots\dots (1)$$

で表されるが、このとき減衰係数 $\xi = \{(J+k_1)/2(JT)\}^{1/2} = 1$ となるようにゲイン定数 $k_1$ を設定すれば、整定時間を短縮できる。

【0009】

一方、例えば減衰係数 $\xi$ が1より大きくなれば益々応答が遅くなり、整定時間が長くなる。また、減数係数 $\xi$ が1より小さくなれば、オーバーシュートを許容した場合でも、応答は速くなるが振動的となり、それほど整定時間が改善されない。

【0010】

従って、臨界制動のときよりも更に整定時間を短くし、かつ、応答の高速化を図る観点から考えると、新しい制御方式の開発が必要となってくる。

【0011】

その1つの考えとして、例えば偏差 $e$ に関し、

$$(d^2e/dt^2) + \{(2\xi\omega_n)/(1+|e|)\} \cdot (de/dt) + \omega_n^2 e = 0 \quad (\text{但し、}\omega_n: \text{固有周波数}) \quad \dots\dots (2)$$

となるように制御系を構成すれば、偏差が大きい場合に見かけ上の減衰係数 $\xi^* = \xi/(1+|e|)$ を小さくすれば、応答を早めながら定常状態に近づけることが可能であり、また偏差が小さくなった場合にオーバーシュートを抑えながら制御対象1を制御することが可能であると考えられる。

【0012】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、以上のような制御装置の応答が非線形微分方程式で表現されることから、前記(2)式において減衰係数 $\xi = 1$ とした場合、偏差が大きくなったときにオーバーシュートを発生する問題があり、しかもゲイン定数の設定についても把握困難となり、オーバーシュートの発生なしに制御対象51を適切に制御することが難しい。

## 【0013】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、オーバーシュートを発生させることなく整定時間を大幅に短縮し、高速応答を実現する制御装置を提供することにある。

## 【0014】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、2次遅れと見なす伝達関数をもつ制御対象を制御する制御装置において、指令値 $r$ との間で偏差 $e$ を求めるために前記制御対象の出力 $x$ を負帰還する外部ループと、前記制御対象の出力 $x$ の微分値 $(dx/dt)$ にゲイン定数 $k_1$ を乗算してなる信号 $k_1(dx/dt)$ を前記偏差 $e$ に負帰還する第1の内部ループと、前記制御対象の出力 $x$ の微分値 $(dx/dt)$ と前記偏差 $e$ の絶対値 $|e|$ または当該絶対値 $|e|$ の $n$ ( $n$ は整数)乗にゲイン定数 $k_2$ を乗算して得られる乗算値とを用いて、 $k_2(dx/dt) \cdot |e|$ または $k_2(dx/dt) \cdot |e|^n$ なる信号を前記偏差 $e$ に正帰還する第2の内部ループとを備えた構成である。

## 【0015】

本発明は以上のような構成とすることにより、制御系の零を含む正となる減衰係数の中の一定の条件式を満足するように前記ゲイン定数 $k_1$ 、ゲイン定数 $k_2$ を設定すれば、2次遅れと見なす伝達関数をもつ制御対象をもつ制御系であっても、オーバーシュートを発生させずに整定時間を大幅に短縮可能となり、ひいては高速応答を実現することが可能となる。

## 【0016】

## 【発明の実施の形態】



以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0017】

図1は本発明に係る制御装置の一実施の形態を示す構成図であって、特に2次遅れと見なす制御対象をもつ速度制御系に適用した例である。ここで、2次遅れと見なす制御対象としては、例えばサーボアクチュエータによるサーボ機構の場合、トルクまたは推力発生部を1次遅れで近似し、慣性モーメントまたは質量をもつ速度制御系や速度制御部を1次遅れで近似した位置制御系等が挙げられ、その他従来周知の種々の制御系がある。

【0018】

なお、同図において図9と同一部分には同一符号を付し、その詳しい説明は省略する。

【0019】

この制御装置は、図9に示す制御系の構成に、新たに破線で囲む非線形内部帰還ループ10を追加してなる構成である。つまり、この制御装置は、制御対象1からの制御量または速度 $x$ を偏差演算要素3に導く一般的な負帰還ループである外部ループ2と、同じく制御量または速度 $x$ の微分値とゲイン定数 $k_1$ との乗算値を負帰還する内部ループ4と、非線形内部帰還ループ10とによって構成されている。

【0020】

この非線形内部帰還ループ10は、制御対象1からの制御量または速度 $x$ の微分値を出力するラプラス演算子11と、前記偏差演算要素3により得られる偏差 $e(r-x)$ の絶対値或いはその絶対値の $n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) 乗の演算を行う絶対値演算要素12と、この演算要素12の演算出力にゲイン定数 $k_2$ を乗算するゲイン定数演算要素13と、このゲイン定数演算要素13の出力と制御量または速度 $x$ の微分値との乗算出力を前記補償要素5に正帰還する正帰還要素14とからなる内部正帰還ループを形成し、前記偏差演算要素3からの偏差 $e$ に従って制御系の減衰係数 $\xi$ を変化させる役割をもたせている。

【0021】

一方、従来から存在する内部ループ4、速度微分とゲイン定数との積を負帰還

するループであって、定常状態時での減衰係数を決める為の役割をもっている。

#### 【0022】

従って、この図1の制御系の応答を表す微分方程式としては、

$$(d^2x/dt^2) + \{ (J + k_1 - k_2 |r - x|^n) / JT \} \cdot (dx/dt) + (1/JT) \cdot x = (1/JT) r \quad \dots (3)$$

で表され、その減衰係数としては、

$$\xi^* = \{ (J + k_1 - k_2 |r - x|^n) / 2 (JT)^{1/2} \} \quad \dots (4)$$

となる。

#### 【0023】

そこで、制御対象1からの制御量または速度xに関係なく、前記(4)式から  $\xi^* \geq 0$  とする。つまり、(4)式のうち、 $J + k_1 - k_2 r^n \geq 0$  を満足させるような条件のもとに、 $r$ 、 $k_1$ 、 $k_2$  を決定すれば、オーバーシュートがなく、整定時間を短縮できる。

#### 【0024】

図2は500WのACサーボモータ ( $J = 0.1 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ ,  $T = 10 \text{ ms}$ ) で、かつ、 $n = 1$  とした速度制御系のステップ応答図である。さらに、詳細には、図3は、定常状態において  $\xi^* = 1$  となるように設定し、かつ、ステップ指令値  $r$  とオーバーシュートを発生しない範囲のゲイン定数  $k_2$  を設定したときのステップ応答図である。図3は上記ステップ指令値  $r$  とゲイン定数  $k_2$  との関係を示す図である。

#### 【0025】

また、例えば  $J + k_1 = c$  と置いたとき、前記(4)式に示す  $\xi^* \geq 0$  から、 $c - k_2 |r| \geq 0$  なる条件を満足させれば、オーバーシュートなしで従来の2次遅れ制御系よりも整定時間の短いステップ応答が得られる。図3において実線から下側斜線がオーバーシュートの発生しない領域となる。なお、ゲイン係数  $k_2 = c / |r|$  のとき、整定時間の改善効果が最も大きく現れることが分かった。

#### 【0026】

因みに、定格指令値 ( $3000 \text{ rpm}$ ) に対し、従来の減衰係数  $\xi = 1$  の速度制御系と、 $k_2 = 3 \times 10^{-5}$  に設定し、かつ、減衰係数を変化させ、定常状態時

の減衰係数  $\xi = \xi^* = 1$  とした本発明の速度制御系とについて比較すると、本発明による制御系が従来の制御系に比べて整定時間が 70% も改善できる。

## 【0027】

さらに、定常状態において減衰係数  $\xi = \xi^* \geq 1$  となるようにゲイン定数  $k_1$  を設定し、しかも  $J + k_1 - k_2 |r| \geq 0$  なる条件を満足するようなゲイン定数  $k_2$  を設定したとき、この条件設定による制御系は、前述する減衰係数  $\xi = \xi^* = 1$  とした制御系よりも整定時間が一層短縮できる。

## 【0028】

また、指令値  $r = 6000 \text{ rpm}$  としたとき、 $k_1$ 、 $k_2$  および整定時間は図 4 のような関係になり、これをグラフ的に表現すれば図 5 に示すようになる。これらの図から  $r$ 、 $k_1$ 、 $k_2$  の関係は  $J + k_1 - k_2 |r| \geq 0$  となる。よって、この制御系は、 $\xi = 1$  の従来の制御系と比較し、整定時間が  $1/10$  以下となり、一層短縮することが可能となる。

## 【0029】

次に、非線形内部帰還ループ 10 において  $n = 2$  とした制御系は、

$$\xi^* = \{ (J + k_1 - k_2 |r - x|^2) / 2 (JT)^{1/2} \} \dots\dots (5)$$

となるが、 $J + k_1 - k_2 r^2 \geq 0$  の条件を満足する  $r$ 、 $k_1$ 、 $k_2$  を設定すれば、オーバーシュートがなく、応答が改善でき、 $n = 1$  の制御系に比べて整定時間が小さくできる。図 6 は  $r = 3000 \text{ rpm}$ 、 $k_1 = 1.9 \times 10^{-3}$  に設定し、ゲイン定数  $k_2$  を変化させたときのステップ応答図である。この制御系の整定時間は  $n = 1$  の制御系と比べて改善され、50% 程度改善させることが可能である。

## 【0030】

図 7 は本発明に係わる制御装置の他の実施形態を示す構成図である。

## 【0031】

この実施の形態は、 $1/s(1 + T_p s)$  の位置制御モデルの制御対象 1a に置き換えるとともに、指令値  $r$  のもとにゲイン定数  $k_2$  が  $k_2 = c/|r|^n$  ( $c = J + k_1$ ) に設定する調節要素 21 を設けた位置制御系の制御装置の例である。従って、その他の構成部分は図 1 と同様であるので、同一部分には同様の符号

を付し、その詳しい説明は図1に譲る。

#### 【0032】

この制御装置においても、図1と同様であることから、 $r$ 、 $k_1$ 、 $k_2$ の関係式が  $c - k_2 |r|^n = k_1 - k_2 |r|^n \geq 0$  となり、オーバーシュートの発生がなく、図1と同様に整定時間を短縮することができる。

#### 【0033】

図8は本発明に係わる制御装置の応用例を説明する構成図である。

#### 【0034】

この制御装置は、制御対象1に対してゲイン $K$ 、制御対象1からの制御量または速度 $x$ をフィードバックする外部ループ2にループゲイン $K_f$ をもつゲイン要素22を追加した制御系であり、その他の構成部分は図1と同様であるので、同一部分には同様の符号を付し、その詳しい説明は図1に譲る。

#### 【0035】

この制御系の応答を表す微分方程式は、

$$\begin{aligned} & (d^2x/dt^2) + \{ (J + k_1 - K k_2 |r - K_f x|^n) / J T \} \\ & \cdot (dx/dt) + (K K_f / J T) x \\ & = (K / J T) r \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \end{aligned} \quad \dots\dots (6)$$

となる。また、この制御系の減衰係数 $\xi^*$ は、

$$\xi^* = (J + k_1 - K k_2 |r - K_f x|^n) / 2 (J T)^{1/2}$$

となるので、 $J + k_1 - K k_2 |r|^n \geq 0$  を満足するような $K$ 、 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $r$ を設定すれば、整定時間が短縮できる。因みに、ここでは、 $J + k_1 - K k_2 |r|^n \geq 0$  の領域において、 $k_1$ を大きくし、指令値 $r$ に対し、 $J + k_1 - K k_2 |r|^n = 0$  にできる限り近い値となるような $k_1$ 、 $k_2$ 、 $K$ を設定すれば、オーバーシュートが発生せず、しかも整定時間が短くなり、高速応答が可能になる。

#### 【0036】

従って、以上のような実施の形態によれば、従来の制御系を基本にしつつ、非線形の内部正帰還ループを付加することにより、その制御系の減衰係数が制御対象1の制御量または速度出力等に関係なく正の関係を満足するように、指令値 $r$

に対し、ゲイン定数等を設定すれば、オーバーシュートがなく、整定時間を大幅に短縮可能となり、高速応答を達成することができる。

### 【0037】

なお、本願発明は、上記実施の形態に限定されるものでなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。また、各実施の形態は可能な限り組み合わせることで実施することが可能であり、その場合には組み合わせによる効果が得られる。さらに、上記各実施の形態には種々の上位、下位段階の発明が含まれており、開示された複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば実施の形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が省略されることで発明が抽出された場合には、その抽出された発明を実施する場合には省略部分が周知慣用技術で適宜補われるものである。

### 【0038】

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、オーバーシュートを発生させずに整定時間を大幅に短縮でき、高速応答を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる制御装置の一実施の形態を示す構成図

【図2】 500WのACサーボモータの速度制御での $n=1$ とした制御系のステップ応答図。

【図3】 図2と同様の条件下の指令 $r$ とゲイン定数 $k_2$ との関係を示す図。

【図4】 指令 $r=6000\text{rpm}$ のときのゲイン係数 $k_1$ 、 $k_2$ および整定時間の遷移を示す図。

【図5】 オーバーシュートなく整定するための $k_1$ 、 $k_2$ の関係を示す図。

【図6】 500WのACサーボモータの速度制御での $n=2$ とした制御系のステップ応答図。

【図7】 本発明に係わる制御装置の他の実施形態を示す構成図。

【図8】 本発明に係わる制御装置の応用例を説明する構成図。

【図 9】 従来の 2 次遅れ系をもつ制御装置の構成図。

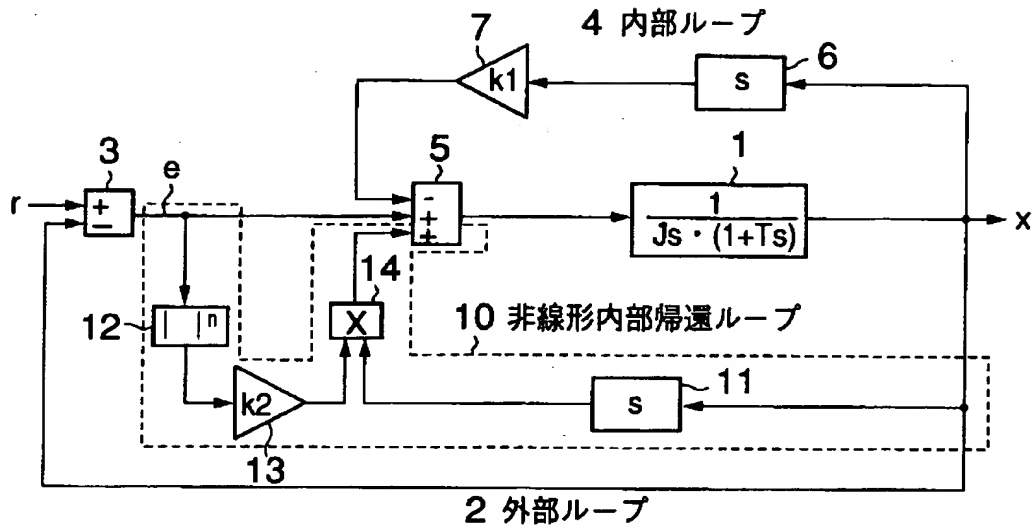
【符号の説明】

- 1, 1 a …制御対象
- 2 …外部ループ
- 3 …偏差演算要素
- 4 …内部ループ
- 1 0 …非線形内部帰還ループ
- 1 2 …絶対値演算要素
- 1 3 …ゲイン定数演算要素
- 1 4 …正帰還要素
- 2 1 …調節要素

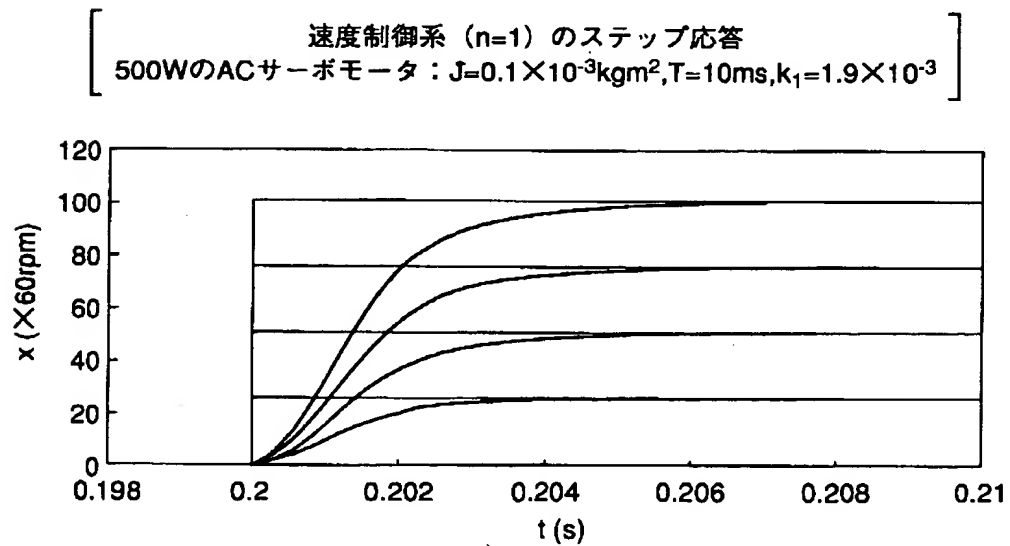
【書類名】

図面

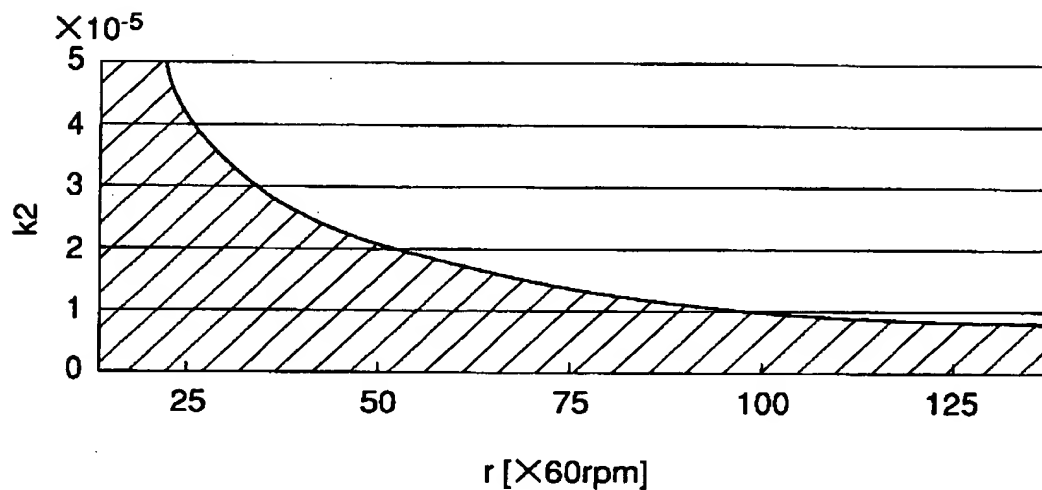
【図 1】



【図 2】



【図 3】



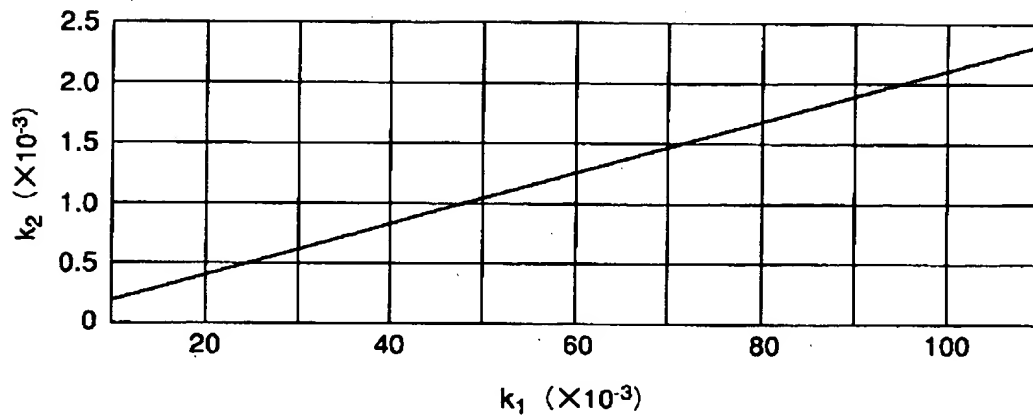
【図 4】

$\zeta > 1$  の  $k_1$  と  $k_2$  に対する整定時間 (指令: 6000rpm)

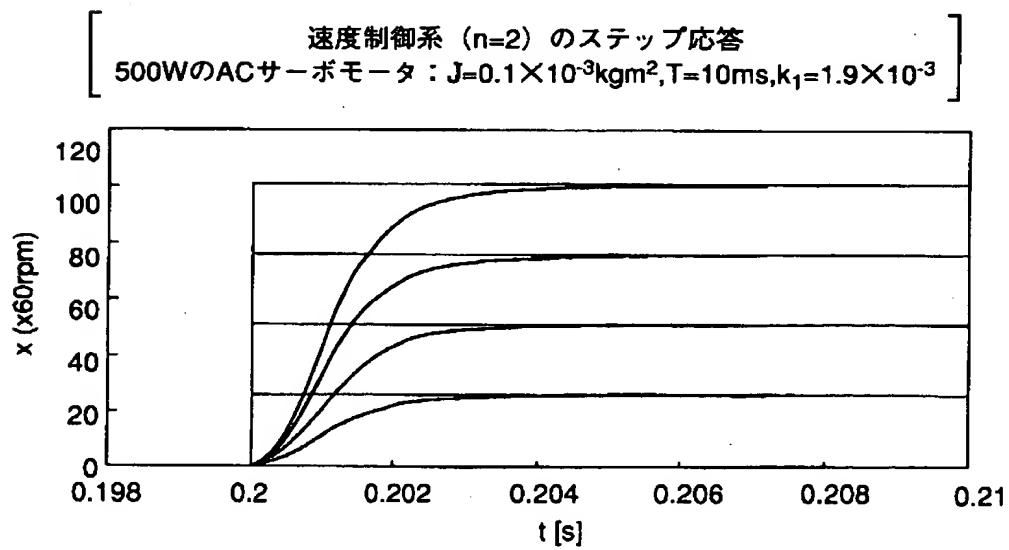
$k_1 (\times 10^{-3})$	$k_2 (\times 10^{-3})$	整定時間[ms]
20	0.4	0.5
40	0.8	0.3
60	1.3	0.2
80	1.7	0.2
100	2.1	0.1



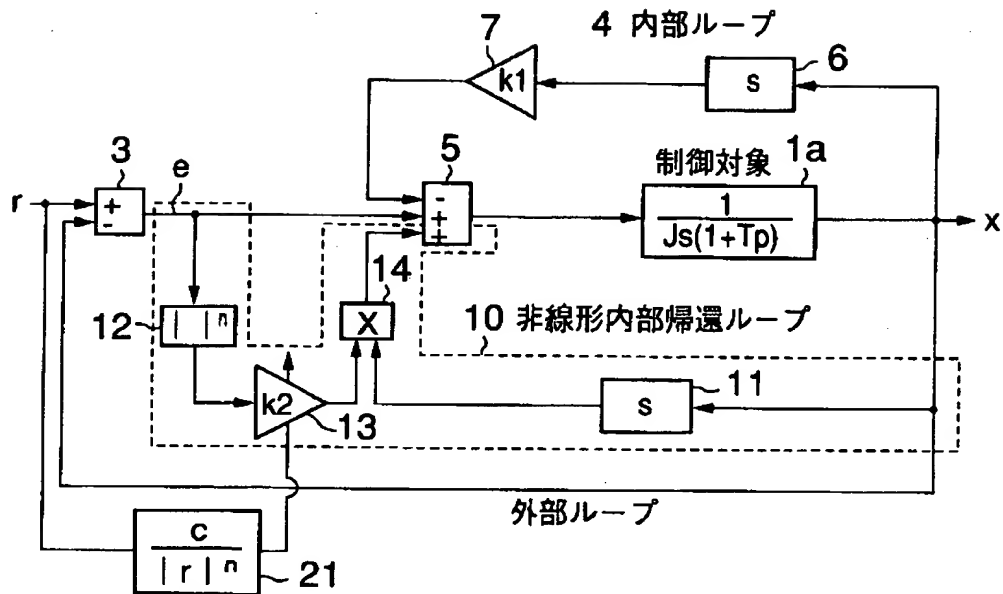
【図 5】



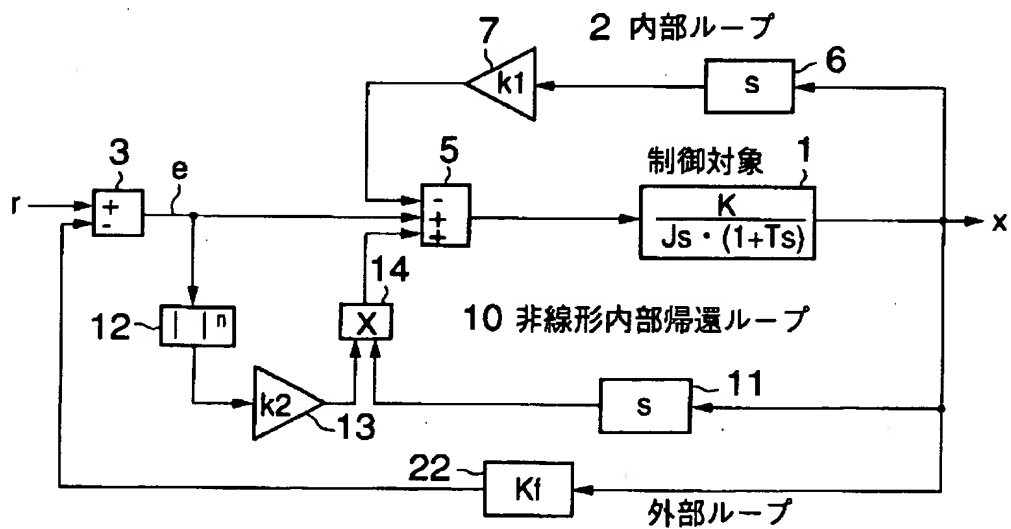
【図 6】



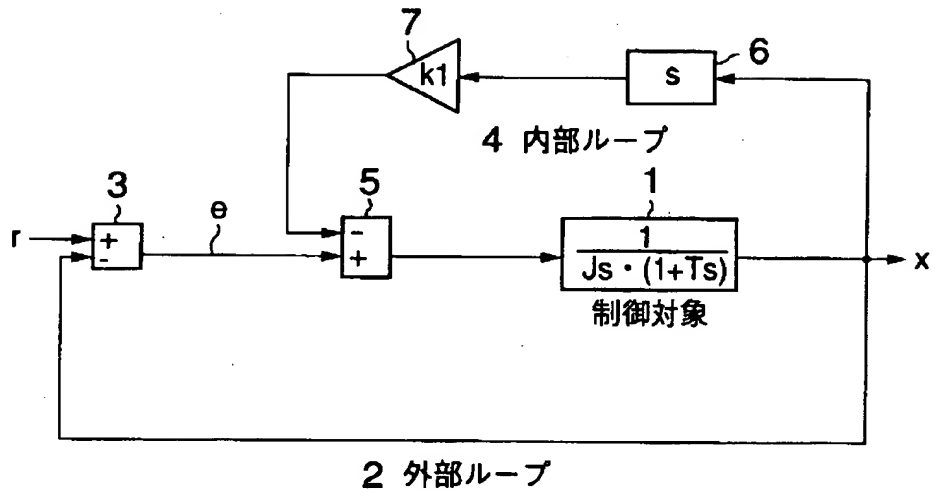
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 オーバーシュートを発生させずに整定時間を大幅に短縮でき、高速応答を実現することにある。

【解決手段】 指令値との間で偏差を求めるために前記制御対象の出力を負帰還する外部ループ 2 と、制御対象の出力の微分値に第 1 のゲイン定数を乗算してなる信号を前記偏差に負帰還する内部ループ 4 と、制御対象の出力の微分値と前記偏差  $e$  の絶対値または当該絶対値の  $n$  ( $n$  は整数) 乗に第 2 のゲイン定数を乗算して得られる乗算値とを用いて、前記偏差に正帰還する非線形内部帰還ループ 10 とを備えてなる 2 次遅れと見なす伝達関数をもつ制御対象を制御する制御装置である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391012512]

1. 変更年月日	1991年 1月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	佐賀県佐賀市本庄町1番地
氏 名	佐賀大学長

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**